

CAPÍTULO IV

CONTINUACIÓN DE LOS CARACTERES ANATÓMICOS DE LA CÉLULA. ESTRUCTURA

Protoplasma. — Corpúsculo polar. — Hipótesis relativas á la construcción del protoplasma. — Núcleo y nucleolo.

Examinada una célula típica, tal como el óvulo antes de comenzar su segmentación, nos presenta al examen micrográfico cuatro partes principales: la membrana, el protoplasma, el núcleo y el nucleolo.

MEMBRANA

Es una lámina transparente, que envuelve exteriormente la célula, sobre la cual se diseña á menudo bajo la forma de un doble contorno.

Es preciso distinguir dos especies de membranas: la *cubierta fundamental* y la *cápsula de secreción*. Ningún elemento carece de la primera; en muchos no existe la segunda, pero en algunos preséntanse correctamente las dos.

La *cubierta fundamental* es una película finísima continuada con el protoplasma, del que puede separarse, ya mediante la disociación, ya bajo la influencia de las soluciones acéticas. Esta delicada membrana es la única visible en las células del cuerpo de Malpigio de la piel, en los leucocitos, mieloplaxias, células conectivas, corpúsculos nerviosos centrales, etc. (fig. 65, *m*).

A causa de su extrema delgadez, muchos histólogos la han desconocido. Su estructura es ignorada, por más que algunos autores, M. Ide, por ejemplo, la reputen reticulada (membrana de las células de Malpigio).

La *cápsula ó membrana de secreción*, se halla en el óvulo, en

las células cartilaginosas y en el epitelio intestinal. El mejor objeto de estudio de las dos membranas celulares, es el óvulo (figura 64, *a*). Alrededor del protoplasma se distingue una zona ó limbo transparente (*zona pellucida*), en la cual, á favor de buenos objetivos de inmersión, aparecen ciertas estriaciones perpendiculares interpretadas como conductitos que la atravesarían de parte á parte. Esta membrana es la *cápsula de secreción*, cuyo espesor aumenta con la edad del óvulo.

Inmediatamente debajo de la membrana de secreción ó *zona pellucida*, se discierne una lámina granulosa oscura (fig. 64, *b*),

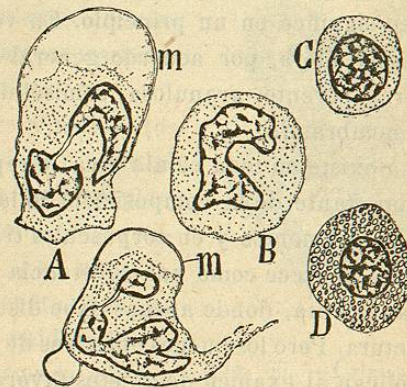


Fig. 65. — Leucocitos de la sangre teñidos en fresco mediante el verde de metileno. — A, célula cuyo protoplasma retraído deja ver en *m* una membrana finísima; D, célula cuyo protoplasma está lleno de granitos de inclusiones (granulaciones eosinófilas).

intimamente ligada al protoplasma, y de espesor casi constante, cualquiera que sea la edad del óvulo. Esta fina película representa la *cubierta fundamental*.

Las células llamadas epiteliales con chapa del intestino, revelan también, aunque no de modo tan evidente, ambas membranas. La *cápsula de secreción* está representada por la chapa estriada; y la *cubierta fundamental* por la línea granulosa subyacente.

No tienen ambas membranas la misma significación ni reconocen igual origen. La *cubierta fundamental*, puede estimarse como un órgano vivo de la célula (condensación periférica del

retículo quizá), algo así como un aparato que regula los cambios de materia entre el protoplasma y el ambiente líquido que le rodea; mientras la *cápsula* representa un órgano muerto, mero producto de secreción celular, como parece probarlo el hecho de que, durante la proliferación, todas las partes de la célula madre, menos la cápsula, se dividen para engendrar los elementos hijos.

PROTOPLASMA

La voz *protoplasma* (de *πρῶτος*, primero, y *πλάσσειν*, formar) introducida en el lenguaje anatómico por H. Möhl, no expresa actualmente lo que significó en un principio. En vez de *primera formación*, designa ahora, por acuerdo general de los histólogos, esa masa transparente, granulosa, semisólida, que separa el núcleo de la membrana.

El protoplasma existe en toda célula viva, y representa acaso el factor más importante de la composición de la misma. Examinado á medianos aumentos y en corpúsculos tratados por los reactivos fijadores, aparece como una substancia incolora y delicadamente granugienta, donde apenas cabe distinguir ningún detalle de estructura. Pero los buenos objetivos de inmersión, sobre todo si se aplican al examen de objetos favorables, revelan más ó menos distintamente, cuatro partes: el *retículo*, el *enquilema* (hialoplasma) ó jugo celular, las *inclusiones* y la *esfera atractiva*.

Reticulo (*espongioplasma* de Hanstein, *mitom*—de *μίτος*, hilo—de Flemming.—En el protoplasma hay una parte sólida, contráctil, probablemente fibrilar, que no puede discernirse claramente en todas las células, ora por consecuencia de la insuficiencia de nuestros medios ópticos, ora por causa de la abundancia de inclusiones. Practicando el examen en elementos de gran talla, tales como los gigantes de la médula espinal, las robustas células del intestino de la cochinilla de humedad, las no menos voluminosas de las larvas del urodelo ó de insecto, se reconoce fácilmente que dicho protoplasma fundamental está representado por trabéculas refringentes, flexuosas, más ó menos robustas, que arrancando de la membrana nuclear, donde parecen inser-

tarse, se terminan, después de un curso intrincado, debajo de la cubierta celular. No es posible perseguir totalmente el curso de cada fibra ni discernir con entera claridad sus relaciones: de aquí ha nacido la diversidad de dictámenes relativamente á la estructura del retículo. En algunos casos, las fibras parecen engendrar una red, pero esta disposición (aceptada como hecho positivo por Klein, Frohmann, Heitzmam, Carnoy, etc.), no resulta nunca tan evidente que no deje lugar á dudas. Es indudable que, en la hipótesis de un armazón formado por filamentos independientes, podría explicarse también la apariencia de red, suponiendo íntimos contactos y entrecruzamientos entre aquéllos.

En el hombre y mamíferos superiores existen células donde el armazón protoplasmático se percibe con relativa facilidad. Las mejores, bajo este concepto, son los elementos del epidermis cutáneo y las gruesas células nerviosas.

En las células epiteliales de la piel (fig. 66), se ven partir del armazón protoplásmico finos hilos, los cuales, después de atravesar el cemento intercelular, se prolongan con los filamentos de los elementos vecinos. La impresión que el examen de este armazón produce, es la que suscitara la existencia de haces de filamentos que cruzasen el protoplasma sin anastomosarse en su camino.

Tocante á los corpúsculos nerviosos motores, la impresión es menos precisa; no obstante, con buenos objetivos, se percibe también una rejilla de trabéculas, de aspecto granuloso, que parecen cruzar el cuerpo celular en varias direcciones, concentrándose en el origen de las expansiones protoplasmáticas y nerviosas (fig. 67). Recientemente (1900) ha demostrado Bethe, con

R. CAJAL. — *Elementos de Histología*.

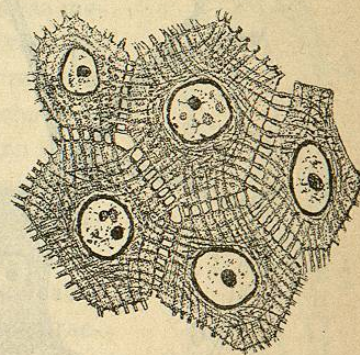


Fig. 66. — Células epidérmicas del cuerpo de Malpigio de la piel. — Adviértese en el protoplasma la existencia de hilos que pasan de un elemento á otro.

ayuda de un método especial, que todas estas fibras son independientes, cruzando la célula sin anastomosarse jamás.

Jugo celular, enquilema ó hialoplasma.—Es la materia líquida ó semilíquida, perfectamente amorfa, alojada en los espacios del retículo. Después de la muerte, y bajo la acción del alcohol, áci-

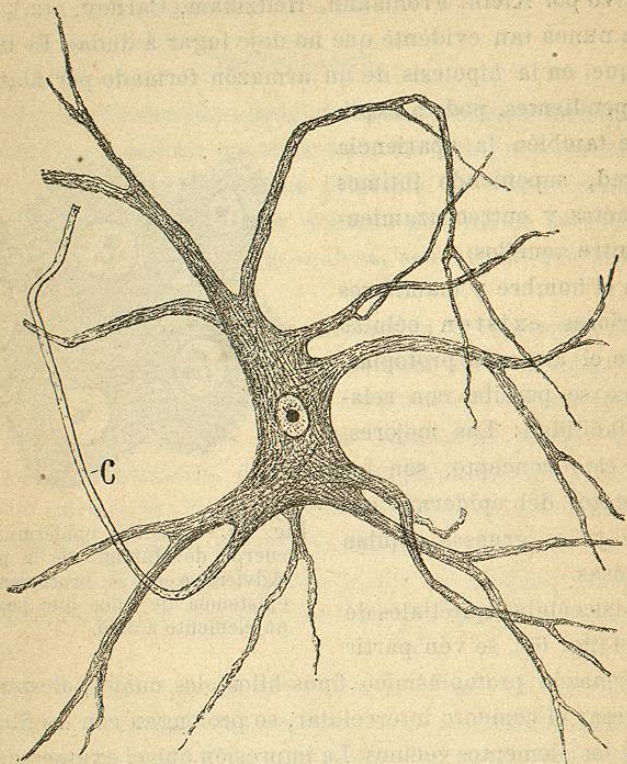


Fig. 67. — Célula nerviosa del asta anterior de la médula espinal del buey. — C, cilindro-eje.

do crómico, ósmico, etc., el enquilema sufre coagulaciones que le prestan aspecto granuloso.

El jugo celular constituye extensos depósitos en el protoplasma de las células vegetales (fig. 68). Además del líquido que infiltra el retículo propiamente dicho, éste se retrae en muchos parajes, limitando vastos espacios donde se alojan el enquilema y

diversas inclusiones (gotas de grasa, clorofila, aleurona, granos de almidón, etc.).

Las gotas de jugo celular son raras en el protoplasma de las células animales; no obstante, si se examinan leucocitos vivos ó células independientes como los amibos, no dejaremos de advertir algún acúmulo transparente de jugo celular, producido por la retracción excéntrica del retículo. Estas colecciones líquidas son esféricas, aparecen y desaparecen durante las contracciones amibóideas, y han tomado el nombre de *vacuolas*.

Inclusiones.— Así se designan las materias inertes enclavadas en las vacuolas ó también en los intersticios del retículo.

Los autores distinguen las inclusiones en dos clases: materias de origen intracelular que representan verosimilmente el resultado de la actividad secretoria del protoplasma; y materias de origen exterior, ó sean cuerpos extraños englobados por el protoplasma á favor de su contracción amiboide.

A la primera categoría corresponden las gotas de grasa de las células adiposas, hepáticas y cartilaginosas; los fermentos de las glándulas estomacales y pancreáticas; las partículas melánicas de los corpúsculos de la coroides; las esferas de eleidina ó keratohialina de los elementos superficiales del cuerpo de Malpigio de la piel; las gotas de mucina de las células epiteliales caliciformes del intestino; los granitos protéicos, neutrófilos y eosinófilos de los leucocitos, etc.

A la segunda categoría pertenecen los cuerpos extraños que tan á menudo penetran en el protoplasma de leucocitos y células embrionarias (fagocitos).

Las partes extrañas más frecuentemente englobadas son: par-



Fig. 68. — Célula de los pelos estaminales de la *Tradescantia virginica*. Examen en vivo. *a*, gran vacuola llena de jugo celular; *b*, cordones protoplásmicos; *c*, granos de inclusión; *d*, membrana de cubierta.

tículas de carbón (células del pulmón), gotas de grasa (células de las vellosidades intestinales) y microbios (corpúsculos epiteliales de la boca).

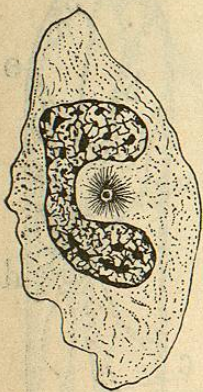
La mayor parte de los cuerpos extraños residen en leucocitos de la sangre extravasados, cuya misión parece ser apoderarse de toda partícula insoluble viva ó muerta que traspasa las barreras epiteliales y amenaza impurificar los humores y tejidos.

Esfera atractiva y centrosoma. — Los trabajos emprendidos estos últimos años por van Beneden, Boberi, Flemming y Rabl, tocante á la maduración y conjugación del óvulo, han permitido hallar en el protoplasma un nuevo órgano, llamado *corpúsculo polar* por E. van Beneden, y *centrosoma* por Boberi. Se trata, generalmente, de un corpúsculo esférico de paqueñísima talla, muy refringente y poco afine de las materias colorantes del núcleo; yace cerca del núcleo, á menudo en contacto con la membrana de éste. En ciertos casos, aparece rodeado de una masa de protoplasma correctamente limitado del resto del cuerpo celular (*esfera atractiva* de van Beneden).

Fig. 69.—Leucocito de larva de salamandra maculosa, según Flemming.—En el protoplasma, cerca del núcleo, se ve el centrosoma.

En un principio, habíase creído que el centrosoma representaba un órgano peculiar del óvulo en vías de segmentación; pero los estudios de van Beneden, de Rabl, de Flemming y de M. Heidenhain, de Lenhossék han generalizado á casi todos los elementos la existencia de este singular corpúsculo, cuya misión parece ser iniciar el movimiento de segmentación kariokinética de la célula.

El centrosoma ha sido estudiado por Flemming (1891) en las células linfáticas, epiteliales, endoteliales y conjuntivas de las larvas de la salamandra; por Solger (1892) en las células pigmentarias del sollo (donde sólo se hallaría la esfera atractiva con radiaciones); por Martín Heidenhain (1893), y con ayuda de un método particular de teñido (hematoxilina y decoloración con percloruro de hierro), en las mieloplaxias de la médula ósea y linfocitos del conejo.



La esfera atractiva ha sido recientemente hallada por Bremer (1895) en los glóbulos rojos nucleados de los vertebrados inferiores; por v. Lenhossék (1895) en las células de los ganglios raquídeos de la rana y en las fibras musculares lisas (1899); por Dehler (1895) en los corpúsculos simpáticos de este mismo animal, y por Lewis (1896) en las células nerviosas gigantes de ciertos anélidos. En fin, algunos botánicos entre ellos Nemeec han sorprendido también en las plantas un órgano homólogo del centrosoma (1897). Es muy probable que dicho órgano se halle en todo elemento susceptible de proliferación, por lo cual carecerían de él las células nerviosas de los vertebrados superiores, incapaces, según resulta de muchos trabajos, de fenómenos regenerativos.

La fig. 69 representa el corpúsculo polar de un leucocito, según Flemming. El centrosoma es pequenísimos, y á su alrededor se advierte, en vez de esfera atractiva, una radiación protoplásmica. En las células en descanso, es decir, alejadas de su época de segmentación, muéstranse á menudo unos corpúsculos polares diminutos, próximos entre sí y á la membrana nuclear. En sentir de Heidenhain, la duplicidad de los centrosomas constituiría la regla y no la excepción, y en medio de cada pareja existiría constantemente un puente protoplásmico especial.

Considérase generalmente el centrosoma como una producción protoplásmica; no obstante, algunos autores lo estiman como una derivación del núcleo. Así O. Herwig (1893) y Brauer (1893) afirman que, durante el reposo de las células, dicho corpúsculo residiría dentro del núcleo, al cual abandonaría al iniciarse el proceso mitótico, para dirigir la construcción del huso acromático y constituir los focos de éste (granos polares).

No obstante, los trabajos más recientes tienden á confirmar la opinión antes citada de que la esfera atractiva es un órgano del protoplasma. La esfera atractiva puede ser común á dos y más células. En este caso, observado por Meves (1895) y Rawitz (1895) en las células testiculares de la salamandra, dicho órgano ofrece forma de bizcocho, semejando un cordón de unión de corpúsculos vecinos.

Opiniones hipotéticas sobre la construcción del protoplasma. — *Teoría del retículo.* — Frohman, Heitzmann, Klein, Leydig, Carnoy, etc., consideran formado el protoplasma por una rejilla de finos hilos sumergida en un líquido transparente. Los microsomas ó granitos incluidos en el cuerpo celular representarían los nudos de la red.

Teoría filar. — Según Flemming, el protoplasma se compone de hilos (*mitom*) y de substancia interfilar (*paramitom*). Estos hilos, ya cortos, ya largos, ya escasos, ya abundantes, se hallarían, no anastomosados, sino entrecruzados.

Teoría alveolar. — Bütschli ha imaginado, para explicar el aspecto filamento y reticulado del protoplasma, una estructura esponjosa, comparable á la de la espuma del jabón. Los alvéolos tendrían forma poliédrica y estarían formados de láminas de extraordinaria delicadeza. En su interior

se albergarían gotas de líquidos con materias orgánicas en disolución. Fúndase esta opinión en un experimento curioso: si se mezcla una solución de sal ó de azúcar con aceite de olivas, fórmase una espuma que, examinada al microscopio, presenta tabiques alveolares de aceite y cavidades ó espacios cerrados llenos de la solución salina ó azucarada.

Teoría granular. — Altmann ha resucitado, bajo otra forma, la teoría de los *microcimas* de Béchamp sobre la construcción de la célula. Fijando los tejidos en una mezcla de solución al 5 por 100 de bicromato de potasa y ácido ósmico al 2 por 100, coloreando luego con fuchina ácida, y decolorando en ácido pícrico, ha demostrado Altmann en el protoplasma de muchas células unos finísimos granitos en forma esférica, ya sueltos, ya reunidos en hileras, y teñidos en rojo vivo por la fuchina.

Estos granos, que dicho autor denomina *bioblastos*, representarían elementos dotados de vida individual, á cuyo cargo correrían todas las manifestaciones fisiológicas de las células. Estas no serían otra cosa que colonias ó zoogreas de bioblastos reunidos en masa, gracias á la presencia de una materia gelatiniforme intersticial (substancia intergranular).

El bioblasto se engendraría por partición, como las células. Destruídas éstas, sucumbirían los bioblastos. Los microbios, singularmente los micrococcos, serían bioblastos independientes.

Como se ve, Altmann comete el error de considerar, sin prueba alguna, como unidades vivientes, precisamente lo que se reputa generalmente como las partes inertes del protoplasma, tales como muchas inclusiones protéicas alojadas en las mallas del retículo. Además, como hace notar O. Hertwig, los microbios no son comparables á gránulos celulares, sino que tienen la representación de células, porque las recientes indagaciones de Bütschi, Ernst y Nils Sjöbring, han demostrado la existencia de verdaderos núcleos en muchas bacterias de gran tamaño.

Teoría micelar. — Nageli ha imaginado para explicar las propiedades físico-químicas de los cuerpos organizados, y particularmente de las células, una teoría química llamada teoría de las *micelas*.

Son las micelas ciertas moléculas orgánicas, de estructura cristalina, y construídas de muchas moléculas químicas pertenecientes á cuerpos protéicos diversos. El agua entra constantemente en la constitución de la micela, formando en torno de ésta una atmósfera de espesor variable. Cuando los albuminoides se desecan, esta atmósfera se pierde, poniéndose las micelas casi en contacto; una nueva hidratación restablece las capas acuosas perimicelares y las micelas se separan dando lugar al fenómeno de la hinchazón y disolución del material albuminoide.

En el núcleo y protoplasma activos, las micelas halláanse reunidas en cadenas de varias formas, que pueden juntarse entre sí, constituyendo reticulaciones complicadas.

La teoría micelar, más ó menos transformada, ha sido acogida por

Weissmann y O. Hertwig para explicar la transmisión de las cualidades hereditarias en el fenómeno de la fecundación.

Siendo las micelas, por su extrema pequeñez, inaccesibles al microscopio y á todo método de verificación directa, es claro que no cabe afirmar las ni negarlas. Su grado de verosimilitud debe medirse por el número de hechos que puedan explicar.

Opinión de Reinke (1895). — Este autor defiende la realidad objetiva de los elementos supuestos en el protoplasma por Flemming, Butschli y Altmann. Tanto en el núcleo, como en el protoplasma, encuentra: 1.º Una substancia fundamental esponjosa y pálida, cuyos trabéculos, dispuestos en red, serían continuos en toda la célula; la membrana nuclear no sería sino una condensación de este espongioplasma. 2.º Unos finos hilos extendidos por el protoplasma y núcleo, anastomosados en red y convergentes en unos finos granitos ó inclusiones suspendidas en el jugo protoplásmico y nuclear, así como en las esferas atractivas. A expensas de semejantes fibrillas se engendraría el uso acromático y las radiaciones polares de éste durante la mitosis. 3.º Y finalmente, una infinidad de granitos de propiedades diversas alojados en los huecos del espongioplasma.

Según Schloter (1895), estos gránulos del protoplasma serían de las siguientes especies: 1.ª, granitos de Altmann (coloreables por el método de este autor, es decir, por la fijación con la mezcla osmiobicrómica, acción de la fuchina y diferenciación con el ácido pícrico); 2.ª, finas granulaciones ávidas de los tintes ácidos (*granulaciones oxiplasmáticas*); 3.ª, granitos plasmáticos poco coloreables por los reactivos.